

УДК 669.04

**Н. А. Томилов, В. А. Гольцев**

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ГАЗОВОЙ ТИГЕЛЬНОЙ ПЕЧИ

### Аннотация

*Целью работы являлась оценка теплотехнических характеристик и выработка технических решений для повышения эффективности тепловой работы газовой тигельной поворотной печи, предназначенной для плавления медных и алюминиевых сплавов из ломов, установленной в плавильном цехе ЗАО НПФ «Металл-Комплект». Определены направления реконструкции печи и выработаны технические решения поставленной задачи. Проведена конструктивная проработка объекта, не требующая значительных капитальных затрат.*

**Ключевые слова:** тепловой режим; газодинамика; топливосжигающее устройство; рекуперация.

### Abstract

*The aim of the work was to assess the thermal performance and develop technical solutions to improve the thermal performance of a gas crucible rotary kiln, designed to melt copper and aluminum alloys from scrap, installed in the smelting shop of JSC «Metall-Komplekt». The directions of the furnace reconstruction are determined and the technical solutions of the task are developed. A constructive study of the object that does not require significant capital expenditures.*

**Key words:** the heat balance; gas dynamics; fuel burning device; recuperation.

Современные газовые плавильные печи промышленного исполнения позволяют точно регулировать температуру внутри рабочего пространства. Известен ряд производителей, использующих экономичные системы нагрева, основанные на современном надежном горелочном оборудовании (Kromschroeder, Weishaupt) [1, 2].

Однако, ряд производителей цветных металлов, с целью снижения капитальных затрат и себестоимости продукции, применяют оборудование собственного производства или устаревшие модели печей с низким КПД, связанным с применением низкоэффективных горелочных устройств.

Конструирование газовой тигельной печи производится на базе плавильного агрегата, установленного в плавильном цехе ЗАО НПФ «Металл-Комплект». Исходная конструкция представляет собой наклоняющуюся печь периодического действия, состоящую из рамы, корпуса цилиндрической формы, футерованного изнутри огнеупорным слоем, газовой горелки и системы вывода продуктов сгорания под зонит. В рабочем пространстве печи установлен тигель на углеродном связующем.

Оценка теплотехнических характеристик объекта показала, что наибольшая величина тепловых потерь связана с отходящими дымовыми газами и составляет 59,9 %. Потери теплопроводностью через футеровку составляют 18,33 %.

Тепловые потери через футеровку возможно уменьшить лишь применением более эффективных огнеупоров с низкой теплопроводностью. При замене футеровки применили «мокрый войлок» ВРП-300 производства ООО «Волокнистые огнеупоры» [3], который выпускается в виде рулонов различной длины и ширины с толщиной до 250 мм и предельной температурой применения до 1350 °С.

Низкий КПД печи (11,34 %) в первую очередь связан с тем, что в данной конструкции не используется тепло уходящих газов. Рекуперация продуктов сгорания является наиболее перспективным способом экономии топлива и повышения эффективности тепловой работы печей с газовым отоплением.

Предварительная проработка объекта привела к следующим конструктивным изменениям: герметизация рабочего пространства за счет применения футерованной крышки, использования для теплоизоляции волокнистых огнеупоров и замена горелочных устройств на рекуперативные газовые горелки ГРС-150 [4]. Схема движения газовых потоков в предлагаемом варианте проектируемой печи приведена на рис. 1.

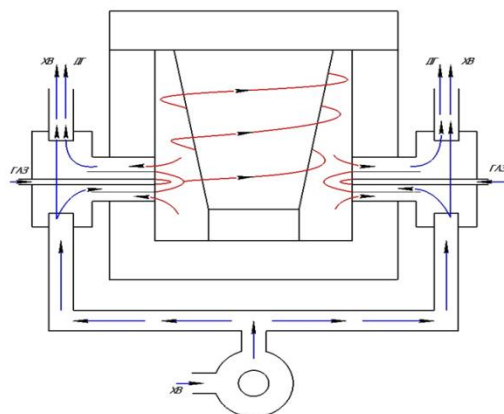


Рис. 1. Схема движения газовых потоков

Применение высокоэффективных рекуперативных горелок в промышленных печах дает возможность поднять температуру воздуха, используемого для горения, до 800 °С. Горелки такого типа позволяют обеспечить 90 % утилизации тепловой энергии. Это достигается за счет высокоэффективного теплообменника – металлического или керамического рекуператора, идущий на горение воздух в котором и нагревается. В таком случае коэффициент использования топлива возрастает до 85 %.

Целью современной теории конструирования и модернизации печей является повышение энергоэффективности и ресурсосбережения путем управления процессами тепломассопереноса. Из теории и практики работы печей вытекает принцип локальности внешнего теплообмена в топливных печах: нагрев поверхности материала определяется излучением и конвекцией от газовых объемов, расположенных в непосредственной близости от этой поверхности. В газовой фазе перенос теплоты конвективным переносом тепла движущимися газами, на один-два порядка выше по сравнению с излучением в печи. В связи с этим, для интенсификации циркуляции продуктов сгорания в

рабочем пространстве, создания равномерного температурного поля и во избежание прожога тигля выбрано тангенциальное расположение горелок. Эффективность такой схемы отопления доказывается проведенными ранее исследованиями [5].

Применение футеровочных материалов с низкой плотностью обеспечивает высокую экономичность и быстрый разогрев печи за счет уменьшения общего количества тепла, которое аккумулируется футеровкой.

Создание герметичности рабочего пространства и максимальное использование теплоты уходящих газов для подогрева воздуха, идущего на горение является одним из основных способов повышения энергоэффективности печи.

Аналитический расчет теплотехнических показателей предлагаемого варианта реконструкции показывает значительное снижение расхода газа (до 60 %) и повышения расчетного КПД печи до 23 %.

Основной задачей конструкторской проработки являлась компоновка предлагаемых технических решений разрабатываемой печи с минимальными изменениями деталей базового плавильного агрегата. Компоновка навесного оборудования и замена футеровки произведены без изменения несущих конструкций и геометрических параметров печи согласно проектной документации.

С целью уменьшения расхода топлива разработана система автоматического управления печью, обеспечивающая импульсный режим работы горелок, реализовывающая следующие функции:

- контроля температуры по заданию в рабочем пространстве;
- регулирования соотношения газ-воздух;
- безопасного ведения режима и отсечки газа в случае чрезмерного превышения/понижения параметров газовой безопасности, в том числе наличия факела горелки.

### **Список использованных источников**

1. Официальный сайт Kromschroeder [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kromschroeder.de> (дата обращения: 25.11.2018).
2. Официальный сайт Weishaupt [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.weishaupt-corp.com> (дата обращения: 25.11.2018).
3. Волокнистые огнеупоры: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mastermvo.ru> (дата обращения 19.07.2018).
4. Барташ, М.Р. Новая скоростная рекуперативная газовая горелка для прямого нагрева металла в промышленных печах / Барташ М.Р., Дружинин Г.М., Лошкарев Н.Б., Попов А.Б., Хамматов И.М. // Сталь. 2010. № 3. – С. 125-127.
5. Воронов Г.В. Особенности аэродинамики в рабочем пространстве современной дуговой сталеплавильной печи / Г.В. Воронов, М.В. Антропов, О.В. Порох // Новые огнеупоры. 2014. № 7. С. 19–21.